

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-094205

(43)Date of publication of application : 06.04.2001

(51)Int.Cl. H01S 5/14

G02B 6/42

G02B 27/28

H01S 5/022

H04B 10/02

H04B 10/18

H04B 10/14

H04B 10/135

H04B 10/13

H04B 10/12

(21)Application number : 11-265429 (71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 20.09.1999 (72)Inventor : KATO TAKASHI
MATSUMOTO KEIKO

(54) LIGHT EMITTING DEVICE, METHOD OF EMITTING SIGNAL LIGHT, METHOD OF SENDING SIGNAL LIGHT, OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM AND METHOD OF DETERMINING ISOLATION VALUE

(57)Abstract:
PROBLEM TO BE SOLVED: To offer a light emitting device, a method of emitting

signal lights, a method of sending signal lights, an optical communication system and a method of determining an isolation value, which can attain a specified characteristic of bit error.

SOLUTION: A light emitting device 1A is provided with a light generating part, an output and a light isolator 42. The light emitting part includes a semiconductor optical amplifier(SOA) 16 and a grating fiber(GF) 14. The SOA 16 comprises a light emitting plane and a light reflecting plane, and the GF 14 comprises a diffraction grating 14c arranged in a core part and an end part which is connected with the light emitting plane optically. The output is arranged so as to offer the light generated in the light generating part. The light isolator 42 is placed between the light generating part and the output. As for the light emitting device 1A, isolation of the light isolator 42 is specified to be $-52.4-8.7 \times \log(\text{BER})$ or less at a dB unit regarding a bit error rate BER which is supposed to be attained at a transmission velocity 2.5 Gbps in a zone of 1.55 μm .

LEGAL STATUS [Date of request for examination] 17.11.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 25.12.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration] withdrawal

[Date of final disposal for application] 25.04.2002

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2002-01361

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 24.01.2002

[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The semi-conductor optical amplifier which will generate light if a carrier is poured into the barrier layer which has a light emission side and a light reflex side, The optical generating section containing the grating fiber which has the end optically combined with the list by said light emission side of said semi-conductor optical amplifier, the other end, and the diffraction grating prepared in the core section, The output prepared so that the signal light generated in said optical generating section might be offered, It has the optical isolator arranged between said optical generating sections and said outputs. The isolation of said optical isolator The luminescence device which is beyond the value specified by $-52.4-8.7 \times \log(\text{BER})$ in dB unit about the bit error rate BER which should be attained with the transmission speed of 2.5Gbps in 1.55-micrometer band.

[Claim 2] Said optical isolator is a luminescence device according to claim 1 optically combined with said other end of said grating fiber.

[Claim 3] Said optical isolator is a luminescence device according to claim 1 or 2 which has the Faraday rotator arranged between the 1st and 2nd birefringence devices at the 1st birefringence device optically combined with said other end of said grating fiber, the 2nd birefringence device optically combined with said output through the optical fiber, and a list.

[Claim 4] The semi-conductor optical amplifier which will generate light if a carrier is poured into the barrier layer which has a light emission side and a light reflex side, Two or more optical generating sections containing the grating fiber which has the end optically combined with the list by said light emission side of said semi-conductor optical amplifier, the other end, and the diffraction grating prepared in the core section, The output prepared so that the signal light generated in said two or more optical generating sections might be offered, It has the optical isolator arranged between said two or more optical generating sections and said outputs. The isolation of said optical isolator The luminescence device which is beyond the value specified by $-52.4-8.7 \times \log(\text{BER})$ in dB unit about the bit error rate BER which should be attained with the transmission speed of 2.5Gbps in 1.55-micrometer band.

[Claim 5] The luminescence device according to claim 4 further equipped with the optical multiplexing means for multiplexing and providing said output with the light generated in said two or more optical generating sections.

[Claim 6] Said optical isolator is a luminescence device according to claim 5 arranged between said optical multiplexing means and said outputs.

[Claim 7] The diffraction grating prepared in the core section of the grating fiber which is the approach of generating signal light, generated the lightwave signal in the semi-conductor optical amplifier, and was optically combined with said light emission

side of said semi-conductor optical amplifier, The step which is made to reflect said signal light in the light reflex side of a semi-conductor optical amplifier, and is amplified, It is related with the bit error rate BER in dB unit which should be attained to the light of 1.55-micrometer band with a transmission speed of 2.5Gbps. – How to generate a signal light equipped with the step which provides an optical transmission line with said signal light in an optical transmission line through the optical isolation beyond the value specified according to $52.4-8.7 \times \log(\text{BER})$.

[Claim 8] The optical transmitter which sends out the lightwave signal which has 1 or two or more wavelength, and the optical receiver which receives said lightwave signal, It has the optical transmission line which combines optically between said optical transmitter and said optical receivers. Said optical transmitter The semi-conductor optical amplifier which will generate light if a carrier is poured into the barrier layer which has a light emission side and a light reflex side, The end section optically combined with the list by said light emission side of said semi-conductor optical amplifier, and the 1st optical generating section containing the grating fiber which has the diffraction grating prepared in the core section, The output prepared so that the signal light generated in said optical generating section might be offered, It has the optical isolator arranged between said optical generating sections and said outputs. The isolation of said optical isolator The optical transmission system which is beyond the value specified by $-52.4-8.7 \times \log(\text{BER})$ in dB unit about the bit error rate BER which should be attained with the transmission speed of 2.5Gbps in 1.55-micrometer band.

[Claim 9] Said optical transmitter has an optical multiplexing means for multiplexing each light generated in said optical generating section of 1, and said one or more 2nd light generating sections including the 2nd one or more optical generating sections. Said optical receiver has an optical spectral separation means for separating spectrally the signal light received from said optical transmission line. Said 2nd optical generating section The semi-conductor optical amplifier which will generate light if a carrier is poured into the barrier layer which has a light emission side and a light reflex side, The optical transmission system containing the grating fiber which has the diffraction grating prepared in the end section optically combined with the list by said light emission side of said semi-conductor optical amplifier, and the core section according to claim 8.

[Claim 10] It is the approach of determining an isolation value required in order that the luminescence device of an external resonator mold may attain a predetermined bit error rate. A trial device contains the optical generating section containing said external resonator. Said luminescence device Including the optical isolator which attains said isolation value, and said optical generating section, the step which prepares said trial device, and where it generated signal light in said trial device and the specified quantity of said signal light is returned to said trial device The step which

measures the bit error rate of said trial device, and the step which said specified quantity is changed and measures said trial device bit error rate, The step which calculates the return quantity of light which can attain said predetermined bit error rate from the relation between the bit error rate of said trial device, and said specified quantity, How to determine the isolation value equipped with the step which determines the isolation value of said luminescence device from the return quantity of light which can attain said predetermined bit error rate, and the system return quantity of light estimated when the output of said luminescence device won popularity.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the approach of determining an isolation value as the approach and optical transmission system which generate signal light using the luminescence device, semi-conductor optical amplifier, and grating fiber which have a semi-conductor optical amplifier and a grating fiber, and a list.

[0002]

[Description of the Prior Art] Fiber grating laser has a semi-conductor optical amplifier (henceforth SOA), and a grating fiber. This fiber grating laser is equipped with the optical resonator which consists of the diffraction grating of a fiber grating, and the end side of SOA. SOA has the back end side which meets the front end side and grating fiber which take out light. The laser of such structure is known as an external resonator mold semiconductor laser module. By this module, since that luminescence wavelength is determined by the Bragg wavelength of a fiber grating, after producing SOA, the advantage that light wave length can be adjusted is.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In order to manufacture an usable semiconductor laser module practical in the field of optical communication, especially the field of a WDM optical transmission system, the artificer performed various examination.

[0004] As one of the examination result of this, the artificer found out that it was in the inclination for the rate (BER) of an error bit to be unable to fall easily as compared with DFB semiconductor laser in the semiconductor laser module. as the bit error rate which should be attained in a WDM optical transmission system -- at least 10^{-10} -- 10^{-12} is required preferably.

[0005] However, according to the experimental result shown in reference (ECOC 97,

22-25 September 1997, Conference Publication No.448, "DENSE WDM TRANSMISSION IN STANDARD FIBRE USING DIRECTLY-MODULATED FIBRE GRATING LASERS AT 2.6 GBIT/S"), and an artificer's examination result, the above-mentioned desired value was not able to be reached even in measurement in a laboratory. For example, according to the data shown in reference, it is in the inclination for a bit error rate to be saturated about with ten to ten.

[0006] Then, the purpose of this invention is to offer the approach of determining an isolation value as the luminescence device which can attain the property exceeding a predetermined bit error rate, the method of generating signal light, an optical transmission system, and a list.

[0007]

[Means for Solving the Problem] In order to attain such a technical problem, the artificer advanced examination further. It is the comparison with semiconductor laser that the artificer paid his attention first.

[0008] A luminescence device called fiber grating laser is common in the point which uses a semiconductor device as an optical generation source, and the point of having the optical resonator which becomes a list from the end side of a diffraction grating and a semiconductor device. However, in DFB mold semiconductor laser, an optical resonator consists of the end side of a semiconductor device, and the diffraction grating prepared in the semiconductor device. By fiber grating laser, an optical resonator consists of the end side of a semiconductor device, and the diffraction grating prepared in the grating fiber besides a semiconductor device.

[0009] The artificer advanced examination further about this structural difference. Consequently, fiber grating laser has noticed having long cavity length compared with DFB mold semiconductor laser. This is a greatly different point from DFB mold semiconductor laser.

[0010] In a luminescence device equipped with long cavity length, oscillation spectral band width becomes narrow. On the other hand, that spectral band width is narrow means a weak thing in the disturbance from the outside, i.e., external interference. Therefore, if it joins such a luminescence device at a certain external disturbance, it is possible that the disturbance affects the property more notably than DFB mold semiconductor laser.

[0011] Then, the artificer examined whether it would require that what kind of disturbance is added to a luminescence device called a fiber grating. Since a bit error rate is involved in a very quick phenomenon, for example, the phenomenon of 2.5 Gbit/s extent, the environmental factor of temperature is excepted from examination. For this reason, the artificer investigated about the electric disturbance and the optical disturbance.

[0012] First, the electric disturbance was considered. Both DFB mold semiconductor laser and fiber grating laser are assembled by the package carried out to resemblance,

for example, a butterfly mold package. Moreover, the semi-conductor optical amplifier of fiber grating laser has the structure which resembled semiconductor laser very much. For this reason, it is thought that it becomes the value which the impedance of a power source and drive wiring etc. resembled. Therefore, in the process in which a current is changed into light, I thought that there was no big difference which worsens a bit error rate between fiber grating laser and DFB mold semiconductor laser.

[0013] Subsequently, the optical disturbance was considered. If it takes into consideration that it is the disturbance of a very high frequency, the lightwave signal which oneself generated can serve as a candidate. It is what kind of path and this lightwave signal thought whether it would be added to fiber grating laser as a disturbance. The path which is the most possible as an input of a disturbance is a grating fiber. That is, the path added to a semi-conductor optical amplifier through a grating fiber can be considered. If it assumes that this is the cause, as reference was already made, fiber grating laser is not contradictory to the structural factor of having long optical-resonator length compared with DFB mold semiconductor laser.

[0014] However, generally the optical isolator is arranged at this path. Then, it experimented in order to perform still more detailed examination about return light. About this experiment, it mentions later and only that result is shown here. While the artificer discovered that return light was reducing the bit error rate according to the result, it discovered that the optical isolation value was connected with the bit error rate attained.

[0015] Then, the artificer considered this invention as the following configurations.

[0016] The luminescence device concerning this invention is equipped with the optical generating section, the output of the luminescence device concerned, and an optical isolator. The optical generating section contains a semi-conductor optical amplifier and a grating fiber. A semi-conductor optical amplifier will generate light, if a carrier is poured into the barrier layer which has a light emission side and a light reflex side. A grating fiber has the end optically combined with the light emission side of a semi-conductor optical amplifier, the other end, and the diffraction grating prepared in the core section. The output is prepared so that the light generated in the optical generating section may be offered. The optical isolator is arranged between the optical generating section and an output. In such a luminescence device, the isolation of an optical isolator is beyond a value specified by $-52.4-8.7 \times \log(\text{BER})$ in dB unit about the bit error rate BER which should be attained with the transmission speed of 2.5Gbps in 1.55-micrometer band.

[0017] In the luminescence device concerning this invention, the optical isolator is optically combinable with the other end of a grating fiber.

[0018] The luminescence device concerning this invention is equipped with two or more optical generating sections, the output of the luminescence device concerned, and an optical isolator. The optical isolator is arranged between two or more optical

generating sections and an output. Furthermore, in such a luminescence device, it can have an optical multiplexing means for multiplexing each light generated in two or more optical generating sections. In the luminescence device concerning this invention, an optical isolator can be arranged between an optical multiplexing means and an output.

[0019] The diffraction grating prepared in the core section of the grating fiber which the method of generating the signal light concerning this invention generated the lightwave signal in (1) semi-conductor optical amplifier, and was optically combined with the light emission side of a semi-conductor optical amplifier, In the light reflex side of a semi-conductor optical amplifier, reflect signal light, and it amplifies. (2) Provide an optical transmission line with signal light in an optical transmission line through the optical isolation beyond the value specified according to $-52.4-8.7 \times \log$ (BER) about the bit error rate BER in dB unit which should be attained to the light of 1.55-micrometer band with a transmission speed of 2.5Gbps. It has each step.

[0020] The approach of sending out the signal light concerning this invention makes it possible to send out the signal light adjusted so that a predetermined bit error rate might be attained. The diffraction grating prepared in the core section of the grating fiber which this approach generated the signal light of 1.55-micrometer band in (3) semi-conductor optical amplifier, and was optically combined with the light emission side of a semi-conductor optical amplifier, In the light reflex side of a semi-conductor optical amplifier, reflect signal light, and it amplifies. (4) It has each step which sends out the signal light amplified through the optical isolation beyond the value determined according to $-52.4-8.7 \times \log$ (BER) about the bit error rate BER in dB unit which should be attained to the amplified signal light.

[0021] The optical transmission system concerning this invention is equipped with the optical transmission line which combines optically an optical transmitter, an optical receiver, and an optical transmitter and an optical receiver. An optical transmitter sends out the lightwave signal which has 1 or two or more wavelength, and an optical receiver receives this lightwave signal. In such an optical transmission system, an optical transmitter has the optical isolator arranged between the output prepared so that the light generated in 1, two or more optical generating sections and 1, or two or more optical generating sections might be offered, and 1 or two or more optical generating sections and an output. The isolation of an optical isolator is set up beyond the value specified by $-52.4-8.7 \times \log$ (BER) in dB unit about the bit error rate BER which should be attained with the transmission speed of 2.5Gbps in 1.55-micrometer band.

[0022] In the optical transmission system concerning this invention, an optical transmitter can have an optical multiplexing means for multiplexing each light generated in 1 or two or more optical generating sections, and an optical receiver can have an optical spectral separation means for separating spectrally the light received

from the optical transmission line.

[0023] This invention relates to the approach of determining an isolation value required in order that the luminescence device of an external resonator mold may attain a predetermined bit error rate. A trial device contains the optical generating section containing an external resonator. A luminescence device contains the optical isolator which attains an isolation value, and the optical generating section. The following steps are contained in this approach. (5) The step which prepares a trial device is contained. (6) Where it generated signal light in the trial device and the specified quantity of signal light is returned to a trial device, the step which measures the bit error rate of a trial device is contained. (7) The step which the specified quantity is changed and measures a trial device bit error rate is contained. The property which the part except an optical isolator has by this can be known. (8) The step which determines the isolation value of a luminescence device is contained from the return quantity of light which can attain a predetermined bit error rate, and the system return quantity of light estimated when the output of a luminescence device won popularity. If it explains in instantiation, an isolation value will be determined that it will attenuate the system return quantity of light until it attains the return quantity of light which can attain a predetermined bit error rate.

[0024] According to this approach, the return quantity of light which can attain a predetermined bit error rate is calculated. An isolation value is determined so that the return quantity of light which can attain a predetermined bit error rate to the estimated system return quantity of light may be obtained. The minimum isolation value of the optical isolator with which a luminescence device should be equipped is acquired by this.

[0025] The method of determining an isolation value is applicable so that the following steps may be included. The step which prepares the trial device containing the optic containing the diffraction grating which has the rate $R1$ of a light reflex, and the semi-conductor optical amplifier optically combined at a diffraction grating and the joint effectiveness η_1 can be contained. Moreover, the step which calculates the return quantity of light to a semi-conductor optical amplifier based on $P_c = \eta_1 \times (1 - R1) \times P_r$ from the relation between the bit error rate of a trial device and the specified quantity of return light can be contained. Furthermore, the return quantity of light to a semi-conductor optical amplifier is based, and the step which calculates the return quantity of light to the luminescence device which has an optic containing the diffraction grating which has the rate $R2$ of a light reflex, and the semi-conductor optical amplifier optically combined at a diffraction grating and the joint effectiveness η_2 based on $P_r = P_c / (\eta_2 \times (1 - R2))$ can be contained. The step which calculates an isolation value from the return quantity of light to the luminescence device which has the semi-conductor optical amplifier optically combined at a diffraction grating and the joint effectiveness η_2 further again can be contained.

[0026]

[Embodiment of the Invention] The gestalt of operation of this invention is explained referring to a drawing. The explanation which gives the same sign to a same or similar part, and overlaps is omitted. Hereafter, in this specification, 1.55-micrometer band means the wavelength band of the 1.53-micrometer or more range of 1.62 micrometers or less.

[0027] The luminescence device (luminescence equipment) concerning the gestalt of the 1st operation is explained using drawing 1 and drawing 2. This luminescence device has the structure of a fiber grating laser module. Drawing 1 is the perspective view of a laser module, and as the situation of the interior becomes clear, it has become a fracture Fig. in part. Drawing 2 expresses the laser module principal part, and is a sectional view in the I-I cross section of drawing 1.

[0028] If drawing 1 is referred to, the laser module 1 will be equipped with the laser module principal part 10 and housing 12. Housing 12 is a butterfly mold package in the example shown in drawing 1. The laser module principal part 10 is arranged on the base in a package 12. Where inert gas, for example, nitrogen gas, ** is enclosed, the closure of the laser module principal part 10 is carried out into the package 12. Housing 12 is equipped with body section 12a which has contained the semiconductor laser laser module principal part 10, tubed part 12b holding an optical fiber 48, and two or more lead pin 12c.

[0029] The laser module principal part 10 has an optic 14, the semi-conductor optical elements 16 and 18, the loading members 22, 24, and 26, and the alignment device section 28.

[0030] The loading member 22 carries the semi-conductor optical amplifier 16, and the loading member 28 carries the semi-conductor photo detector 18. The loading member 24 carries the loading members 22 and 28. The loading member 24 is arranged on the thermoelectron condensator (thermostat electric cooler) 20. The thermoelectron condensator 20 is put in practical use as a temperature control component using a Peltier effect. Since the semi-conductor optical amplifier 16 is arranged on the loading member 24, the thermoelectron condensator 20 can control the temperature of the semi-conductor optical amplifier 16. For this reason, the ingredient of the loading member 24 has a desirable thermal conductor called the alumimium nitride (AlN) used for the chip carrier.

[0031] The semi-conductor optical amplifier 16 is equipped with two or more semi-conductor layers on the substrate which has an InP semiconductor region. For example, the laminating of the 2nd cladding layer containing the multiplex quantum well barrier layer and p mold InP semi-conductor layer containing the 1st cladding layer containing an n mold InP semi-conductor layer and an InGaAsP semi-conductor layer is carried out one by one on an n mold InP substrate. Mask material layers, such as an InGaAs semi-conductor layer and an SiN film layer, are formed from on these. A

stripe-like SiN film layer is formed so that the mesa section may be formed, this is made into a mask, and etching removes fields other than the mesa section until it results in a substrate. Subsequently, where this mask is left, the current inhibition section containing a p mold InP semi-conductor layer and an n mold InP semi-conductor layer is formed with selective growth. The mesa section is sandwiched by this current inhibition section from a both-sides side. After removing a mask, on the almost flat mesa section and the current inhibition section, a p mold InP semi-conductor layer is grown up, and the contact layer which subsequently contains a p mold InGaAs semi-conductor layer is formed.

[0032] The MQW structure with which a multiplex quantum well barrier layer is equipped includes the laminating of 30 layers which consists of an InGaAsP semi-conductor well layer and an InGaAsP semi-conductor barrier layer. The well layer and the barrier layer have changed forbidden-band width of face by changing elementary composition. A SCH (Separated Confinement Layer) layer can be prepared between the MQW structured division and both cladding layers, respectively so that the MQW structured division may be inserted from both sides.

[0033] The rate of a light reflex in light emission side 16a of such a semi-conductor optical amplifier 16 is set as a value (for example, 1% or less, preferably 0.1% or less) low enough, and light reflex side 16b of the semi-conductor optical amplifier 16 is set as a value (for example, 90% or more) big enough. The rate of a light reflex of light emission side 16a is lower than the rate of a light reflex of light reflex side 16b, and low to extent which does not reflect light substantially. Since the light reflex in light emission side 16a is made small enough by this, the optical resonator which consists of light reflex side 16b and diffraction-grating 14a of the grating fiber 14 is formed.

[0034] When drawing 2 is referred to, an optic 14 has grating (diffraction grating) 14c prepared in the optical waveguide between two edges 14a and 14b and these edges 14a and 14b. An optic 14 can be the waveguide substrate and optical fiber containing optical waveguide called SiO₂ waveguide prepared in Si substrate. Hereafter, the case where an optic 14 is an optical fiber is explained. An optical fiber 14 has the core section which has a predetermined refractive index while a germanium dioxide is included, and the clad section which is prepared in the perimeter of this core section and has a refractive index smaller than the core section. If such the core section of an optical fiber has photosensitivity to ultraviolet rays and change of a refractive index with the periodic core section is prepared, this part will function as a diffraction grating. It has the reflectance spectrum which reflects light in a predetermined wavelength range, it combines with the below-mentioned semi-conductor optical amplifier 16 optically, and diffraction-grating 14c constitutes an optical resonator. Although a grating fiber (an optical fiber is also only told to the core section the optical fiber which has a diffraction grating, and the following) is illustrated and this invention is explained as an optic with the gestalt of this operation, generally it is more

applicable to the optic which has the diffraction grating prepared in optical waveguide.

[0035] One edge 14a of an optical fiber 14 has a lens-sized edge, in order to shorten optical-resonator length. In a lens-sized edge, the appearance of an edge is formed and is also called the edge by which point ball processing was carried out so that it may have a condensing function. That other end 14b meets an optical isolator 42, and since this edge is formed by carrying out end-face polish of the optical fiber 14, it is also called a polished surface.

[0036] Tubed part 12b of a package 12 has the through tube which leads to body section 12a. The optical fiber 14 to which light is led from the semi-conductor optical amplifier 16 passes this through tube. An optical isolator 42 is located in a part for the point of tubed part 12b.

[0037] The optical fiber 14 is supported by supporter material called the alignment device section 28. Alignment of the end section 14a of an optical fiber 14 is carried out by the alignment device section 28 so that it may combine with the semi-conductor optical amplifier 16 optically. Moreover, alignment of the other end 14b of an optical fiber 14 is carried out so that an optical isolator 42 may be met, and it is held at the alignment device section 28. For this reason, other end 14b of an optical fiber 14 is optically combined with an optical isolator 42. The light generated in the semi-conductor optical amplifier 16 by such arrangement is led to an optical isolator.

[0038] An optical fiber 48 is introduced from a part for the point of tubed part 12b of a package 12. A part for a point is covered with a ferrule 44, and the optical fiber 48 is protected. The optical isolator 42 holds the sleeve 46. If a ferrule 44 is inserted in a sleeve 46, an optical fiber 48 will be optically positioned to a package 12. Edge 48a of an optical fiber 48 is formed by carrying out end-face polish of the optical fiber 48, and, for this reason, is also called a polished surface. Since alignment of the edge 48a of an optical fiber 48 is carried out so that an optical isolator 42 may be met, it is optically combined with an optical isolator 42.

[0039] An optical fiber 48 is optically combined with the semi-conductor optical amplifier 16 through an optical isolator 42 and the fiber grating 14 by such arrangement. Consequently, according to the optical shaft 2, the semi-conductor optical elements 16 and 18, the fiber grating 14, an optical isolator 42, and an optical fiber 48 are arranged in a predetermined precision.

[0040] Moreover, the light which was generated in the semi-conductor optical amplifier 16, and passed the optical isolator 42 is led to an optical fiber 48. That is, an optical isolator 42 intercepts the light from an optical fiber 48 by the predetermined attenuance while it is arranged between an optical fiber 14 and an optical fiber 48 and makes the light from an optical fiber 14 penetrate. The amount of the external disturbance light which reaches the grating fiber 14 is reduced by this.

[0041] After all, by the module shown in drawing 1 and drawing 2, optical coupling of

the grating fiber 14 is carried out to light emission side 16a of the semi-conductor optical amplifier 16, and light is reflected in light reflex side 16b of the semi-conductor optical amplifier 16. With this gestalt, the rate of a light reflex of light reflex side 16b of the semi-conductor optical amplifier 16 is set up comparatively more greatly, and the rate of a light reflex of light emission side 16a of the semi-conductor optical amplifier 16 is set up small enough. The generated light can be taken out from the grating fiber 14.

[0042] There is a gestalt of a different optical module from this. With this gestalt, a grating fiber is combined with the light emission side of a semi-conductor optical amplifier, and light is taken out from the light reflex side of a semi-conductor optical amplifier. With this gestalt, the rate of a light reflex of the light reflex side of a semi-conductor optical amplifier is small set up in comparison, and the rate of a light reflex of the light reflex side of a semi-conductor optical amplifier is set as the rate of a light reflex comparable as semiconductor laser by usual. The generated light can be taken out from the light reflex side of a semi-conductor optical amplifier. An optical isolator can be inserted between the edge of the optical fiber for optical ejection which meets a light reflex side, and the light reflex side of a semi-conductor optical amplifier.

[0043] Drawing 3 (a) and drawing 3 (b) are the drawings in which the gestalt of 1 operation of an optical isolator called a fiber mold optical isolator was shown typically. An optical isolator 42 has Faraday rotator 42c in 1st birefringence device 42a which aligned in accordance with the predetermined shaft, 2nd birefringence device 42b, and a list. The 1st and 2nd birefringence devices 42a and 42b are the birefringence members (birefringence optical element) containing a rutile and a birefringence ingredient called a wedge mold birefringent plate. 1st birefringence device 42a has met so that it may combine with end 14b of the grating fiber 14 optically. 2nd birefringence device 42b has met so that it may combine with end 48a of an optical fiber 48 optically. Faraday rotator 42c includes for example, a Bi-YIG crystal. Faraday rotator 42c is arranged between the 1st and 2nd birefringence devices 42a and 42b.

[0044] The light from the grating fiber 14 is led to 1st birefringence device 42a through the lens means of lens 42d. The light from 2nd birefringence device 42b is led to an optical fiber 48 through a lens means, lens 42e.

[0045] The optical isolator of such structure has the property of isolation 40dB by 2dB or less of insertion losses to the light of for example, 1.55-micrometer band. When the further isolation is required, the serial of two or more optical isolators can be carried out, and it can connect.

[0046] In drawing 3 (a) and drawing 3 (b), the path of light which goes to the forward direction and hard flow is explained. The light by which outgoing radiation was carried out from end 14b of the grating fiber 14 turns into an almost parallel light by lens 42d. This light passes Faraday rotator 42c, after separating into forward Tsunemitsu

(continuous line) and abnormality light (broken line) in 1st birefringence device 42a. If incidence of it is carried out to lens 42e after the light which passed passes birefringence device 42b again to the 2nd, it will be condensed by end 48a of an optical fiber 48. On the other hand, the light from an optical fiber 48 turns into an almost parallel light by lens 42e. This light passes Faraday rotator 42c, after separating into forward Tsunemitsu (continuous line) and abnormality light (broken line) in 2nd birefringence device 42b. If incidence of it is carried out to lens 42d after the light which passed passes birefringence device 42a again to the 1st, it will be condensed by different location from end 14b of the grating fiber 14. Thus, in an optical isolator 42, since the paths of the light (light of the forward direction) from one port and the light (light of hard flow) from the port of another side differ, although the light which goes to an one direction passes an optical isolator 42, the light from other cannot pass an optical isolator 42.

[0047] The experiment made in order to perform still more detailed examination about the return light to a luminescence device is explained. Drawing 4 is the drawing in which the condition of optical association in the case of this experiment was shown.

[0048] If drawing 4 is referred to, a trial device called the fiber grating laser used for an experiment is contained by housing 12. In housing 12, the photodiode 18 which supervises the luminescence condition of the semi-conductor optical amplifier 16 with which diffraction-grating 14c was optically combined with end 14a of the grating fiber 14 formed in the core section and this grating fiber 14, and the semi-conductor optical amplifier 16 is arranged. A trial device can be equipped with the structure shown in drawing 9 when it will have the structure by which the luminescence device was shown in drawing 1 , if a luminescence device and a trial device are shown in instantiation.

[0049] The grating fiber 14 is connected to 1st port 63a of the optical coupler 63. 2nd port 63b is connected to input 64a of an optical isolator 64 through optical fiber 68a. The bit error rate (BER) measuring instrument 65 is connected to output 64b of an optical isolator 64 through optical fiber 68b. Moreover, it connects with input 66a of the adjustable attenuator 66 through optical fiber 68c at the 3rd port 63c of the optical coupler 63, and the output is combined with the total reflection mirror 67 which carries out total reflection of the light received in 1.55 micrometers mostly through 68d of optical fibers. As for the 4th port of the optical coupler 63, nonreflective processing is performed. For example, an optical isolator 64 has about 60dB isolation.

[0050] Here, a bit error rate BER is prescribed by $E(t) / N(t)$. $E(t)$ shows the number of bits received in the error between time amount t , and $N(t)$ shows the total number of bits transmitted between time amount t .

[0051] In an experiment system, the optical coupling of the grating fiber 14 and the semi-conductor optical amplifier 16 is -2.8dB . The reflection factor of the optical sending-out side of the semi-conductor optical amplifier 16 is 0.1% or less in

1.55-micrometer band, and the reflection factor of a light reflex side is 80% in 1.55-micrometer band.

[0052] According to the experiment system of drawing 4, while a part is reflected and the light A which was generated in the semi-conductor optical amplifier 16, and was emitted from light emission side 16a turns into the reflected light C in diffraction-grating 14c, the remainder serves as the transmitted light E. The monitor light B is emitted from light reflex side 16b of the semi-conductor optical amplifier 16, and incidence is carried out to a photodiode.

[0053] In the experiment using such an experiment system, the artificer found out the relation of isolation and a bit error rate. When the reflective return quantity of light was changed, the bit error rate changed according to this amount of return. That is, in the above-mentioned experiment system, if the magnitude of attenuation of the adjustable attenuator 66 is changed, the return quantity of light to fiber grating laser will change. Therefore, if a bit error rate is measured with a measuring instrument 65, changing the magnitude of attenuation of the adjustable attenuator 66, it will become having changed optical isolation and equivalence.

[0054] The artificer inquired further, in order to analyze an experimental result. The return light which affects a bit error rate has actually noticed it being the light D which reaches even the semi-conductor optical amplifier 16. Fiber grating laser emits light in the quantity of light P0. The relation between the quantity of light Pr which returns to diffraction-grating 14a of the grating fiber 14, and the quantity of light Pc which returns even to the semi-conductor optical amplifier 16 is expressed as $P_c = P_r \eta \tau (1 - RFG)$. Here, η shows the joint effectiveness of the semi-conductor optical amplifier 16 and the grating fiber 14, and $1 - RFG$ shows the permeability in diffraction-grating 14c. By this experiment system, since it is $\eta = -2.8\text{dB}$ and $RFG = 70\%$, it is set to $\eta \tau (1 - RFG) = -8\text{dB} \times 1/6.3$. Therefore, it is set to $P_c \times P_r / 6.3$.

[0055] Drawing 5 is the property Fig. which measured the bit error rate when changing the rate of the return light of the reflected light in this experiment system. Measurement was performed by transmission-speed 2.5 Gbit/s, the measurement pattern NZR, and PRBS 1023-1. P_r/P_0 is shown on the axis of abscissa per dB. If the return quantity of light is reduced, it is shown in drawing 5 that a bit error rate also falls.

[0056] An artificer is set to $P_c/P_0 = \eta \tau (1 - RFG) \times P_r/P_0 \log(P_c/P_0) = \log(\eta \tau (1 - RFG)) + \log(P_r/P_0)$ based on the property shown in drawing 5. Substitution of many constants of the fiber grating laser used for this experiment found out that $\log(P_c/P_0) = -8\text{dB} + \log(P_r/P_0)$ was obtained. With this relational expression, the axis of abscissa of drawing 5 can be read as the return quantity of light Pc to the semi-conductor optical amplifier 16. Therefore, the relation between the return quantity of light Pc to the semi-conductor optical amplifier 16 and a bit error rate (BER) is obtained. Moreover, the artificer thinks that the system return quantity of light (the amount of

the maximum reflection) in the system currently assumed is about $10 \times \log(P_r/P_0) = -25\text{dB}$. Therefore, the difference of this return quantity of light and the return quantity of light corresponding to the bit error rate which should be attained serves as required isolation. "Required isolation" is an optical isolator and the value which should be attained by eta and RFG. For this reason, in order to determine the value of an optical isolator, contribution must be removed from eta and RFG. Thus, the result searched for is shown in drawing 6. In drawing 6, it is the property Fig. showing relation with a bit error rate with the isolation which an optical isolator should attain. If the black dot in drawing 6 is applied to a linear expression using a least square method, $I = -58.6 - 8.7 \times \log(\text{BER})$ will be obtained. Therefore, as for isolation, in the bit error rate 10^{-10} and ten to 10^{-12} or more range which should be attained, it is desirable to be set up according to this relational expression.

[0057] Subsequently, the artificer invented the procedure of generally drawing applicable relation, without being restricted to the fiber grating laser adopted in the experiment. Generally, eta and $(1 - \text{RFG})$ various values can be taken.

[0058]

if it changes in $P_c/P_0 = \eta \times (1 - \text{RFG}) \times P_r/P_0$ in the range many constants of whose of fiber grating laser are $-0.5 \text{ dB} \leq \eta \leq 10 \text{ dB}$ $1\% \leq \text{RFG} \leq 90\%$ -- isolation -- being related -- (a) -- most advantageous condition: $\eta = 10 \text{ dB}$ $\text{RFG} = 90\%$ (b) -- most -- unfavorable-conditions: -- it is thought that they are $\eta = -0.5 \text{ dB}$ and $\text{RFG} = 1\%$. These properties are shown in drawing 6. If it applies to a linear expression also about these properties (a) $I = -63.4 - 7.9 \times \log(\text{BER})$ (b) $I = -52.4 - 8.7 \times \log(\text{BER})$ is obtained. In drawing 6, the predetermined bit error rate is attained in the field of each straight-line top.

[0059] The following contents are understood from these formulas. By the fiber grating laser of conditions (a), since about 7.5dB of eta is bad compared with the laser used for the experiment, it is equivalent to at this rate, and isolation can be made small. Since about 12dB of eta is good compared with the laser used for the experiment, the big isolation equivalent to at this rate is required of the fiber grating laser of conditions (b).

[0060] Here, the decision approach of the isolation to an external resonator mold luminescence device called the fiber grating laser which has many general characteristic values was shown. If this approach is adopted, the same count as the estimate shown here can be performed using the figure adopted here and a different figure. Moreover, it takes into consideration to the temperature characteristic of each part article, and an isolation value can be determined. Furthermore, the isolation value when changing a transmission rate can also be calculated. In addition, the isolation value in consideration of one [at least] dispersion of eta and RFG can also be estimated.

[0061] Drawing 7 is the mimetic diagram of the luminescence device concerning the gestalt of the 2nd operation. The same sign is given to drawing 1 and the same part of

drawing 2 . Reference of drawing 7 illustrates luminescence device 1B containing the fiber grating laser 11. In the fiber GURETIN graser 11 contained in luminescence device 1B, it is the same as fiber grating laser 1A the optical isolator 42 was indicated to be to drawing 1 and drawing 2 except for the point currently transposed to the optical isolator 40. An optical isolator 40 can also be attached in housing 12, and can be arranged separately [housing 12]. That is, the optical isolator 40 is formed between the grating fiber 14 and optical waveguide 50.

[0062] Fiber grating laser 1B contains the semi-conductor optical amplifier 16, the grating fiber 14, and an optical isolator 40. The fiber grating 14 has diffraction-grating 14c which has the reflectance spectrum of the main wavelength λ_0 . Light emission side 16a of the semi-conductor optical amplifier 16 is optically combined with end 14a of the grating fiber 14. Other end 14b of the grating fiber 14 is optically combined with the input of an optical isolator 40 called a fiber mold isolator. The output of an optical isolator 40 is optically combined with optical waveguide 50 called an optical fiber. The semi-conductor optical amplifier 16 and the grating fiber 14, and the end section are contained in housing 12. Light reflex side 16b of the semi-conductor optical amplifier 16 is optically combinable with the light-receiving side of the photodiode for monitors (18 of drawing 1). The semi-conductor optical amplifier 16 is modulated by the signal 51 from the outside. The modulated signal is sent out to optical waveguide 50 through an optical isolator 40. On the other hand, the return light from an optical transmission line 50 is intercepted by the optical isolator 40 under at the predetermined value. Consequently, also in a practical environment, a 10 to 10 or less-about bit error rate is attained.

[0063] Drawing 8 is the mimetic diagram of the luminescence device concerning the gestalt of the 3rd operation. The same sign is given to drawing 1 and the same part of drawing 2 . Reference of drawing 8 illustrates luminescence device 1C for WDM. Luminescence device 1C has two or more fiber grating laser 11a, 11b, and 11c, optical isolators 41, and optical multiplexing means 52.

[0064] Each of two or more fiber grating laser 11a, 11b, and 11c can be equipped with structure as shown in drawing 9 . In drawing 9 , the same sign is given to the same part as drawing 1 and drawing 2 . Moreover, fiber grating laser 11a generates the light of the oscillation wavelength λ_1 , fiber grating laser 11b generates the light of the oscillation wavelength λ_2 , and fiber grating laser 11c generates the light of oscillation wavelength λ_{dan} . The output of the fiber grating laser 11a, 11b, and 11c is combined with the input port 52a, 52b, and 52c of the optical multiplexing means 52. The optical multiplexing means 52 can multiplex and can provide 52d of single output ports with the light given to these input port. The optical multiplexing means 52 can be an optical coupler or an optical multiplexing machine 52 called AWG (Arrayed Waveguide Grating). It is combined with 52d of output ports of the optical multiplexing means 52 by the input of an optical isolator 41 through optical waveguide 54. The

output of an optical isolator 41 is combined with optical waveguide 50 called an optical fiber.

[0065] The WDM signal containing a wavelength component (λ_1 , λ_2 , ..., λ_n) is given to optical waveguide 50. The semi-conductor optical amplifier 16 contained in the fiber grating laser 11a, 11b, and 11c is modulated by the signals 51a, 51b, and 51c from the outside, respectively. It is multiplexed by the optical multiplexing means 52, and the modulated signal is sent out to an optical transmission line 50 through the single optical isolator 41, respectively. On the other hand, the return light from an optical transmission line 50 is intercepted by the optical isolator 40 under at the predetermined value. For this reason, the return light to the semi-conductor optical amplifier 16 contained in the fiber grating laser 11a, 11b, and 11c is stopped by the predetermined value at the following. Consequently, in a practical environment, a 10 to 10 or less—about bit error rate is attained.

[0066] Drawing 10 is a drawing in which the WDM optical transmission system 9 is shown. An optical transmission system 9 is equipped with the optical receiver 3, the optical transmitter 4, and the optical transmission line 8 that combines the optical transmitter 4 and the optical receiver 3 with a list.

[0067] The optical receiver 3 has optical input port 3a, electric-generating-power terminal 3b, two or more photo detector 3c, and 3d of optical spectral separation means. 3d of optical spectral separation means can divide spatially the light received in input port for two or more wavelength components of every. The WDM lightwave signal from optical input port 3a is divided into a spatially different location for every wavelength component by 3d of optical separators called AWG. It is inputted into 3d of different photo detectors for each [each signal is transmitted] wavelength component of every, and is changed into an electrical signal 7. An electrical signal 7 is sent out from output port 3b.

[0068] Luminescence device 1C shown in drawing 8 is employable as the optical-communication machine 4. Output port 4a is connected to the optical transmission line 8 in the optical transmitter 4. The optical transmitter 4 offers the WDM lightwave signal modulated by input terminal 4b by this signal 51 in response to the modulating signal 51 which should be transmitted from output port 4a.

[0069] An optical transmission line 8 equips optical amplifiers 6a and 6b and a list with optical waveguides 50a, 50b, 50c, and 50d. Respectively optical waveguides 50a, 50b, 50c, and 50d connect between optical amplifiers 6a and 6b, connect optical amplifier 6a and the optical transmitter 4, and connect between optical amplifier 6b and the optical receivers 3.

[0070] In such a WDM optical transmission system, since the optical isolator of a predetermined attenuation is inserted between the output of the optical transmitter 4, and the semi-conductor optical amplifier, data transmission of the bit error rate which suited the demand of a transmission characteristic is realized. With the gestalt of this

operation, although the equipment concerning the gestalt of the 3rd operation was adopted as an optical transmitter 4, the equipment concerning the gestalt of operation can also be adopted as the 1st and the 2nd, and the same operation and effectiveness are acquired.

[0071]

[Effect of the Invention] As explained to the detail above, according to the luminescence device concerning this invention, it has the optical generating section, the output of the luminescence device concerned, and an optical isolator. The optical isolator is arranged between the optical generating section and an output. In such a luminescence device, the isolation of an optical isolator is specified in dB unit about the bit error rate BER which should be attained with the transmission speed of 2.5Gbps in 1.55-micrometer band more than $-52.4-8.7 \times \log(\text{BER})$.

[0072] According to the approach of determining the isolation value to which the luminescence device of an external resonator mold makes it possible to attain a predetermined bit error rate, an isolation value is determined from the return quantity of light which can attain a predetermined bit error rate, and the system return quantity of light. For this reason, the minimum isolation value of the optical isolator with which a luminescence device should be equipped is acquired.

[0073] Therefore, the luminescence device which can attain the property exceeding a predetermined bit error rate, the method of generating signal light, and the method of determining an isolation value as an optical transmission system list are offered.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] Drawing 1 shows the perspective view of the fiber grating laser concerning the gestalt of the 1st operation.

[Drawing 2] Drawing 2 shows the drawing in the I-I cross section of drawing 1.

[Drawing 3] Drawing 3 (a) and drawing 3 (b) are drawings in which the structure of an optical isolator is shown.

[Drawing 4] Drawing 4 is a drawing in which the experiment system showing the optical system which measured the bit error rate is shown.

[Drawing 5] Drawing 5 is the property Fig. showing the relation between reflective return light and a bit error rate.

[Drawing 6] Drawing 6 is the property Fig. showing relation with a bit error rate with isolation.

[Drawing 7] Drawing 7 is the mimetic diagram of the luminescence device concerning the gestalt of the 2nd operation.

[Drawing 8] Drawing 8 is the mimetic diagram of the luminescence device concerning the gestalt of the 3rd operation.

[Drawing 9] Drawing 9 is the perspective view showing fiber grating laser.

[Drawing 10] Drawing 10 is the mimetic diagram of a WDM optical transmission system.

[Description of Notations]

1A — A laser module, 1B, 1C — A luminescence device, 3 — An optical receiver, 4 [— Optical transmission line,] — An optical transmitter, 6a, 6b — An optical amplifier, 7 — An electrical signal, 8 9 — A WDM optical transmission system, 10 — 11 The laser module principal part, 11a, 11b, 11c — A fiber GURETIN graser, 12 — Housing, 14 — 16 A grating fiber, 18 — A semi-conductor optical element, 20 — Thermoelectron condensator (thermostat electric cooler), 22, 24, 26 — A loading member, 28 — The alignment device section, 40, 41, 42 — Optical isolator, 42a — The 1st birefringence device, 42b — The 2nd birefringence device, 42c — Faraday rotator, 42d, 42e [— Optical waveguide,] — A lens, 44 — A ferrule, 48 — An optical fiber, 50 51a, 51b, 51c [— An optical coupler, 64 / — An optical isolator 65 / — A bit error rate (BER) measuring instrument, 68a-68d / — Optical fiber] — The signal from the outside, 52 — An optical multiplexing means, 54 — Optical waveguide, 63

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-94205
(P2001-94205A)

(43) 公開日 平成13年4月6日 (2001.4.6)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テラコード (参考)
H 0 1 S 5/14		H 0 1 S 5/14	2 H 0 3 7
G 0 2 B 6/42		G 0 2 B 6/42	2 H 0 9 9
	27/28		A 5 F 0 7 3
H 0 1 S 5/022		H 0 1 S 5/022	5 K 0 0 2
H 0 4 B 10/02		H 0 4 B 9/00	M
審査請求 有 請求項の数10 O L (全 14 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願平11-265429

(22) 出願日 平成11年9月20日 (1999.9.20)

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 加藤 隆志

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電
気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 松元 圭子

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電
気工業株式会社横浜製作所内

(74) 代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

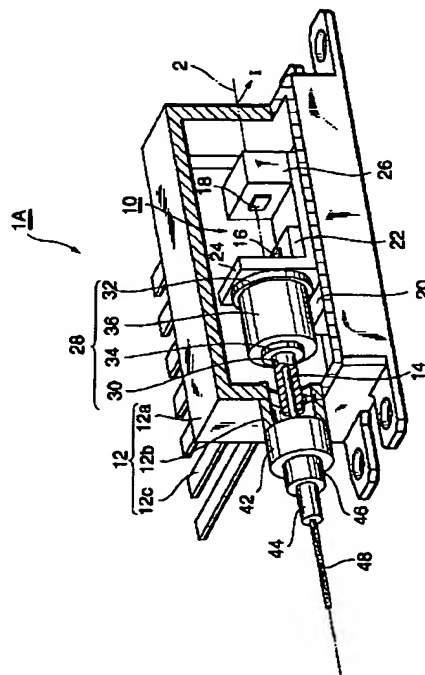
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光デバイス、信号光を発生する方法、信号光を送出する方法、光通信システム、並びにアイソレーション値を決定する方法

(57) 【要約】

【課題】 所定のビットエラー率特性を達成できる発光デバイス、信号光を発生する方法、信号光を送出する方法、光通信システム並びにアイソレーション値を決定する方法を提供する。

【解決手段】 発光デバイス1Aは、光発生部と、出力と、光アイソレータ42と、を備える。光発生部は、半導体光増幅器(SOA)16およびグレーティングファイバ(GF)14を含む。SOA16は光放出面および光反射面を有し、GF14は光放出面に光学的に結合された一端部およびコア部に設けられた回折格子14cを有する。出力は、光発生部において発生された光を提供するように設けられている。光アイソレータ42は、光発生部と出力との間に配置されている。発光デバイス1Aでは、光アイソレータ42のアイソレーションは $1.55\mu\text{m}$ 帯において伝送速度2.5Gbpsで達成されるべきビットエラー率BERに関してdB単位において $-52.4-8.7\times\log(\text{BER})$ 以下で規定されている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光放出面および光反射面を有する活性層にキャリアが注入されると光を発生する半導体光増幅器、並びに前記半導体光増幅器の前記光放出面に光学的に結合された一端、他端、およびコア部に設けられた回折格子、を有するグレーティングファイバ、を含む光発生部と、

前記光発生部において発生された信号光を提供するように設けられた出力と、

前記光発生部と前記出力との間に配置された光アイソレータと、を備え、

前記光アイソレータのアイソレーションは、 $1.55\mu\text{m}$ 帯において伝送速度 2.5Gbps で達成されるべきビットエラー率BERに関してdB単位において $-52.4-8.7\times\log(\text{BER})$

で規定されている値以上である、発光デバイス。

【請求項2】 前記光アイソレータは、前記グレーティングファイバの前記他端と光学的に結合されている、請求項1に記載の発光デバイス。

【請求項3】 前記光アイソレータは、前記グレーティングファイバの前記他端と光学的に結合されている第1の複屈折デバイス、光ファイバを介して前記出力に光学的に結合された第2の複屈折デバイス、並びに第1および第2の複屈折デバイスの間に配置されたファラデー回転子を有する、請求項1または請求項2に記載の発光デバイス。

【請求項4】 光放出面および光反射面を有する活性層にキャリアが注入されると光を発生する半導体光増幅器、並びに前記半導体光増幅器の前記光放出面に光学的に結合された一端、他端、およびコア部に設けられた回折格子、を有するグレーティングファイバ、を含む複数の光発生部と、

前記複数の光発生部において発生された信号光を提供するように設けられた出力と、前記複数の光発生部と前記出力との間に配置された光アイソレータと、を備え、前記光アイソレータのアイソレーションは、 $1.55\mu\text{m}$ 帯において伝送速度 2.5Gbps で達成されるべきビットエラー率BERに関してdB単位において $-52.4-8.7\times\log(\text{BER})$

で規定されている値以上である、発光デバイス。

【請求項5】 前記複数の光発生部において発生された光を合波し前記出力に提供するための光合波手段を更に備える、請求項4に記載の発光デバイス。

【請求項6】 前記光アイソレータは、前記光合波手段と前記出力との間に配置されている、請求項5に記載の発光デバイス。

【請求項7】 信号光を発生する方法であって、半導体光増幅器において光信号を発生し、前記半導体光増幅器の前記光放出面に光学的に結合されたグレーティングファイバのコア部に設けられた回折格子と、半導体

光増幅器の光反射面とにおいて前記信号光を反射させて増幅するステップと、

伝送速度 2.5Gbps の $1.55\mu\text{m}$ 帯の光に対して達成されるべきdB単位におけるビットエラー率BERに関して

$-52.4-8.7\times\log(\text{BER})$

に従って規定された値以上の光アイソレーションを介して光伝送路に前記信号光を光伝送路に提供するステップと、を備える信号光を発生する方法。

【請求項8】 1または複数の波長を有する光信号を送出する光送信器と、

前記光信号を受ける光受信器と、

前記光送信器および前記光受信器の間を光学的に結合する光伝送路と、を備え、

前記光送信器は、光放出面および光反射面を有する活性層にキャリアが注入されると光を発生する半導体光増幅器、並びに前記半導体光増幅器の前記光放出面に光学的に結合された一端部、およびコア部に設けられた回折格子、を有するグレーティングファイバ、を含む第1の光発生部と、

前記光発生部において発生された信号光を提供するように設けられた出力と、

前記光発生部と前記出力との間に配置された光アイソレータと、を有し、

前記光アイソレータのアイソレーションは、 $1.55\mu\text{m}$ 帯において伝送速度 2.5Gbps で達成されるべきビットエラー率BERに関してdB単位において $-52.4-8.7\times\log(\text{BER})$

で規定されている値以上である、光通信システム。

【請求項9】 前記光送信器は、1以上の第2の光発生部を含み、前記1の光発生部および前記1以上の第2光発生部において発生されたそれぞれの光を合波するための光合波手段を有し、

前記光受信器は、前記光伝送路から受けた信号光を分波するための光分波手段を有し、

前記第2の光発生部は、光放出面および光反射面を有する活性層にキャリアが注入されると光を発生する半導体光増幅器、並びに前記半導体光増幅器の前記光放出面に光学的に結合された一端部、およびコア部に設けられた回折格子、を有するグレーティングファイバ、を含む、請求項8に記載の光通信システム。

【請求項10】 外部共振器型の発光デバイスが所定ビットエラー率を達成するために必要なアイソレーション値を決定する方法であって、試験デバイスは前記外部共振器を含む光発生部を含み、前記発光デバイスは、前記アイソレーション値を達成する光アイソレータと、前記光発生部とを含み、

前記試験デバイスを準備するステップと、

前記試験デバイスにおいて信号光を発生させ前記信号光の所定量を前記試験デバイスに戻した状態で、前記試験

デバイスのビットエラー率を測定するステップと、
前記所定量を変化させて前記試験デバイスビットエラー率を測定するステップと、
前記試験デバイスのビットエラー率と前記所定量との関係から前記所定のビットエラー率を達成できる戻り光量を求めるステップと、
前記所定のビットエラー率を達成できる戻り光量と、前記発光デバイスの出力が受けると見積もられたシステム戻り光量とから、前記発光デバイスのアイソレーション値を決定するステップと、を備えるアイソレーション値を決定する方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体光増幅器およびグレーティングファイバを有する発光デバイス、半導体光増幅器およびグレーティングファイバを用いて信号光を発生する方法、光通信システム、並びにアイソレーション値を決定する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】ファイバグレーティングレーザは、半導体光増幅器(以下、SOAともいう)およびグレーティングファイバを有する。このファイバグレーティングレーザは、ファイバグレーティングの回折格子と、SOAの一端面とから成る光共振器を備える。SOAは、光を取り出す前端面およびグレーティングファイバと対面する後端面を有する。このような構造のレーザは、外部共振器型半導体レーザモジュールとして知られている。このモジュールでは、その発光波長がファイバグレーティングのブラッグ波長によって決定されるので、SOAを製作した後においても光波長を調整することができるという利点がある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】光通信の分野、特にWDM光通信システムの分野において実用的に使用可能な半導体レーザモジュールを製造するために、発明者は様々な検討を行った。

【0004】この検討結果の一つとして、発明者は、半導体レーザモジュールにおいては、エラービット率(BER)がDFB型半導体レーザに比較して下がり難い傾向にあることを見出した。WDM光通信システムでは、達成されるべきビットエラー率として、少なくとも 10^{-10} 、好ましくは 10^{-12} が要求される。

【0005】しかしながら、文献(ECOC 97, 22-25 September 1997, Conference Publication No. 448, "DENSE WDM TRANSMISSION IN STANDARD FIBRE USING DIRECTLY-MODULATED FIBRE GRATING LASERS AT 2.6 GBIT/S")に示された実験結果および発明者の検討結果によれば、実験室での測定においてさえも上記の目標値に到達することができなかった。例えば、文献に示されるデータによれば、 10^{-10} 程度でビットエラー率が飽和する傾向にあ

る。

【0006】そこで、本発明の目的は、所定のビットエラー率を越える特性を達成できる発光デバイス、信号光を発生する方法、光通信システム、並びにアイソレーション値を決定する方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】このような課題を達成するために、発明者はさらに検討を進めた。発明者がまず着目したことは、半導体レーザとの比較である。

【0008】ファイバグレーティングレーザといった発光デバイスは、半導体素子を光発生源として使用する点、並びに回折格子および半導体素子の一端面からなる光共振器を有する点、において共通する。しかしながら、DFB型半導体レーザでは、光共振器は、半導体素子の一端面と半導体素子内に設けられた回折格子とから成る。ファイバグレーティングレーザでは、光共振器は、半導体素子の一端面と半導体素子の外のグレーティングファイバに設けられた回折格子とから成る。

【0009】発明者は、この構造的な差に関してさらに検討を進めた。この結果、ファイバグレーティングレーザは、DFB型半導体レーザに比べて長い共振器長を備えていることに気づいた。これは、DFB型半導体レーザと大きく異なる点である。

【0010】長い共振器長を備える発光デバイスでは、発振スペクトル幅が狭くなる。一方、スペクトル幅が狭いということは、外部からの攪乱、つまり外部干渉に弱いことを意味する。したがって、このような発光デバイスに何らかの外部攪乱に加わると、その攪乱はDFB型半導体レーザよりも顕著にその特性に影響を与えることが考えられる。

【0011】そこで、発明者は、ファイバグレーティングといった発光デバイスにどのような攪乱が加えられているのかについて検討した。ビットエラー率が、非常に速い現象、例えば2.5 Gbit/s程度の現象に係わるので、温度といった環境要因は検討から除外される。このため、発明者は、電気的な攪乱および光学的な攪乱について調査した。

【0012】まず、電気的な攪乱について検討した。DFB型半導体レーザおよびファイバグレーティングレーザは共に類似にしたパッケージ、例えばバタフライ型パッケージに組み立てられる。また、ファイバグレーティングレーザの半導体光増幅器は、半導体レーザと非常に似た構造を有している。このため、電源および駆動配線のインピーダンス等も似たような値になると考えられる。故に、電流を光に変換する過程において、ファイバグレーティングレーザとDFB型半導体レーザとの間において、ビットエラー率を悪化させるような大きな違いはないと考えた。

【0013】次いで、光学的な攪乱について検討した。非常に高い周波数の攪乱であることを考慮すると、自ら

が発生した光信号が候補となり得る。では、どのような経路で、この光信号が、攪乱としてファイバグレーティングレーザに加えられるのであろうかと考えた。攪乱の入力として最も可能性がある経路は、グレーティングファイバである。つまり、グレーティングファイバを通して半導体光増幅器に加えられる経路が考えられる。これが原因であると仮定すると、既に言及したように、ファイバグレーティングレーザはDFB型半導体レーザに比べて長い光共振器長を有するという構造的な要因とも矛盾しない。

【0014】しかしながら、一般に、この経路には光アイソレータが配置されている。そこで、戻り光に関して更に詳細な検討を行うべく実験を行った。この実験については後述し、ここでは、その結果のみ示す。その結果によれば、発明者は、戻り光が、ビットエラー率を低下させていることを発見すると共に、光アイソレーション値は、達成されるビットエラー率と関連していることを発見した。

【0015】そこで、発明者は、本発明を以下のような構成とした。

【0016】本発明に係わる発光デバイスは、光発生部と、当該発光デバイスの出力と、光アイソレータと、を備える。光発生部は、半導体光増幅器およびグレーティングファイバを含む。半導体光増幅器は、光放出面および光反射面を有する活性層にキャリアが注入されると光を発生する。グレーティングファイバは、半導体光増幅器の光放出面に光学的に結合された一端、他端、およびコア部に設けられた回折格子、を有する。出力は、光発生部において発生された光を提供するように設けられている。光アイソレータは、光発生部と出力との間に配置されている。このような発光デバイスにおいて、光アイソレータのアイソレーションは、1.55μm帯において伝送速度2.5Gbpsで達成されるべきビットエラー率BERに関してdB単位において $-52.4-8.7 \times \log(BER)$ で規定されている値以上である。

【0017】本発明に係わる発光デバイスでは、光アイソレータは、グレーティングファイバの他端と光学的に結合されていることができる。

【0018】本発明に係わる発光デバイスは、複数の光発生部と、当該発光デバイスの出力と、光アイソレータと、を備える。光アイソレータは、複数の光発生部と出力との間に配置されている。さらに、このような発光デバイスでは、複数の光発生部において発生されたそれぞれの光を合波するための光合波手段を備えることができる。本発明に係わる発光デバイスでは、光アイソレータは、光合波手段と出力との間に配置されることができる。

【0019】本発明に係わる信号光を発生する方法は、(1)半導体光増幅器において光信号を発生し、半導体光増幅器の光放出面に光学的に結合されたグレーティング

ファイバのコア部に設けられた回折格子と、半導体光増幅器の光反射面とにおいて信号光を反射させて増幅し、(2)伝送速度2.5Gbpsの1.55μm帯の光に対して達成されるべきdB単位におけるビットエラー率BERに関して

$$-52.4-8.7 \times \log(BER)$$

に従って規定される値以上の光アイソレーションを介して光伝送路に信号光を光伝送路に提供する、それぞれのステップを備える。

10 【0020】本発明に係わる信号光を送出する方法は、所定のビットエラー率を達成するように調整された信号光を送出することを可能にする。この方法は、(3)半導体光増幅器において1.55μm帯の信号光を発生し、半導体光増幅器の光放出面に光学的に結合されたグレーティングファイバのコア部に設けられた回折格子と、半導体光増幅器の光反射面とにおいて信号光を反射させて増幅し、(4)増幅された信号光に対して達成されるべきdB単位におけるビットエラー率BERに関して

$$-52.4-8.7 \times \log(BER)$$

20 に従って決定された値以上の光アイソレーションを介して増幅された信号光を送出する、それぞれのステップを備える。

【0021】本発明に係わる光通信システムは、光送信器と、光受信器と、光送信器および光受信器を光学的に結合する光伝送路と、を備える。光送信器は、1または複数の波長を有する光信号を送出し、光受信器はこの光信号を受ける。このような光通信システムにおいて、光送信器は、1または複数の光発生部と、1または複数の光発生部において発生された光を提供するように設けられた出力と、1または複数の光発生部と出力との間に配置された光アイソレータと、を有する。光アイソレータのアイソレーションは、1.55μm帯において伝送速度2.5Gbpsで達成されるべきビットエラー率BERに関してdB単位において

$$-52.4-8.7 \times \log(BER)$$

で規定されている値以上に設定されている。

【0022】本発明に係わる光通信システムでは、光送信器は、1または複数の光発生部において発生されたそれぞれの光を合波するための光合波手段を有することができ、光受信器は、光伝送路から受けた光を分波するための光分波手段を有することができる。

【0023】本発明は、外部共振器型の発光デバイスが所定ビットエラー率を達成するために必要なアイソレーション値を決定する方法に関連する。試験デバイスは外部共振器を含む光発生部を含む。発光デバイスは、アイソレーション値を達成する光アイソレータと、光発生部とを含む。この方法には、以下のステップが含まれる。

(5)試験デバイスを準備するステップが含まれる。(6)試験デバイスにおいて信号光を発生させ信号光の所定量を試験デバイスに戻した状態で、試験デバイスのビットエ

ラー率を測定するステップが含まれる。(7) 所定量を変化させて試験デバイスビットエラー率を測定するステップが含まれる。これによって、光アイソレータを除いた部分が有する特性を知ることができる。(8) 所定のビットエラー率を達成できる戻り光量と、発光デバイスの出力が受けると見積もられたシステム戻り光量とから、発光デバイスのアイソレーション値を決定するステップが含まれる。例示的に説明すれば、所定のビットエラー率を達成できる戻り光量を達成するまで、システム戻り光量を減衰させるようにアイソレーション値が決定される。

【0024】この方法によれば、所定のビットエラー率を達成できる戻り光量を求める。見積もられたシステム戻り光量に対して所定のビットエラー率を達成できる戻り光量が得られるように、アイソレーション値が決定される。これによって、発光デバイスが備えるべき光アイソレータの最低アイソレーション値が得られる。

【0025】アイソレーション値を決定する方法は、以下のステップを含むように適用されることができる。光反射率 R_1 を有する回折格子を含む光学部品と、回折格子と結合効率 η_1 で光学的に結合された半導体光増幅器とを含む試験デバイスを準備するステップが含まれることができる。また、試験デバイスのビットエラー率と戻り光の所定量との関係から $P_r = \eta_1 \times (1 - R_1) \times P_i$ に基づいて、半導体光増幅器への戻り光量を求めるステップが含まれることができる。さらに、半導体光増幅器への戻り光量を基づいて、光反射率 R_2 を有する回折格子を含む光学部品と、回折格子と結合効率 η_2 で光学的に結合された半導体光増幅器とを有する発光デバイスに対する戻り光量を $P_r = P_i / (\eta_2 \times (1 - R_2))$ に基づいて求めるステップが含まれることができる。さらにまた、回折格子と結合効率 η_2 で光学的に結合された半導体光増幅器とを有する発光デバイスに対する戻り光量からアイソレーション値を求めるステップが含まれることができる。

【0026】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を図面を参照しながら説明する。同一または類似の部分には同一の符号を付して重複する説明を省略する。以下、本明細書において、1.55 μm 帯とは、1.53 μm 以上1.62 μm 以下の範囲の波長帯域をいう。

【0027】図1および図2を用いて、第1の実施の形態に係る発光デバイス(発光装置)について説明する。この発光デバイスは、ファイバグレーティングレーザモジュールの構造を有する。図1は、レーザモジュールの斜視図であり、その内部の様子が明らかになるように一部破断図になっている。図2は、レーザモジュール主要部を表し図1のI-I断面における断面図である。

【0028】図1を参照すると、レーザモジュール1は、レーザモジュール主要部10と、ハウジング12と

を備える。ハウジング12は、図1に示された実施例では、バタフライ型パッケージである。パッケージ12内の底面上にレーザモジュール主要部10が配置されている。レーザモジュール主要部10は、不活性ガス、例えば窒素ガス、が封入された状態でパッケージ12内に封止されている。ハウジング12は、半導体レーザレーザモジュール主要部10を収納している本体部12a、光ファイバ48を保持する筒状部12b、および複数のリードピン12cを備える。

【0029】レーザモジュール主要部10は、光学部品14と、半導体光学素子16、18と、搭載部材22、24、26と、位置合わせ機構部28と、を有する。

【0030】搭載部材22は半導体光増幅器16を搭載し、搭載部材28は半導体受光素子18を搭載している。搭載部材24は、搭載部材22、28を搭載している。搭載部材24は、熱電子冷却器(サーモエレクトリッククーラ)20の上に配置されている。熱電子冷却器20は、例えば、ペルチェ効果を利用した温度制御素子として実用化されている。熱電子冷却器20は、半導体光増幅器16が搭載部材24上に配置されているので、半導体光増幅器16の温度を制御できる。このため、搭載部材24の材料は、チップキャリアに利用されている窒化アルミニウム(AlN)といった熱良導体が好ましい。

【0031】半導体光増幅器16は、InP半導体領域を有する基板上に複数の半導体層を備える。例えば、n型InP基板上に、n型InP半導体層を含む第1のクラッド層、InGaAsP半導体層を含む多重量子井戸活性層、p型InP半導体層を含む第2のクラッド層、を順次に積層する。これらの上からInGaAs半導体層とSiN膜層といったマスク材層を形成する。メサ部を形成するようにストライプ状のSiN膜層を形成し、これをマスクにしてメサ部以外の領域を基板に至るまでエッチングによって除去する。次いで、このマスクを残した状態で、p型InP半導体層およびn型InP半導体層を含む電流阻止部を選択成長によって形成する。メサ部は、この電流阻止部によって両側面から挟まれる。マスクを除去した後に、ほぼ平坦なメサ部および電流阻止部の上にp型InP半導体層を成長し、ついでp型InGaAs半導体層を含むコンタクト層を形成する。

【0032】多重量子井戸活性層が備えるMQW構造は、InGaAsP半導体井戸層およびInGaAsP半導体障壁層からなる30層の積層を含む。井戸層および障壁層は、元素組成を変更することによって禁制帯幅を変更している。MQW構造部を両側から挟むように、MQW構造部と両クラッド層との間にSCH(Separate Confinement Layer)層をそれぞれ設けることができる。

【0033】このような半導体光増幅器16の光放出面16aにおける光反射率は、十分に低い値(例えば、1

%以下、好ましくは0.1%以下)に設定され、半導体光増幅器16の光反射面16bは、十分に大きな値(例えば90%以上)に設定される。光放出面16aの光反射率は、光反射面16bの光反射率より低く、実質的に光を反射しない程度に低い。これによって、光放出面16aにおける光反射は十分に小さくできるので、光反射面16bとグレーティングファイバ14の回折格子14aとから成る光共振器が形成される。

【0034】図2を参照すると、光学部品14は、2つの端部14a、14b、およびこれらの端部14a、14bの間の光導波路に設けられたグレーティング(回折格子)14cを有する。光学部品14は、Si基板に設けられたSiO₂導波路といった光導波路を含む導波路基板および光ファイバであることができる。以下、光学部品14が光ファイバである場合について説明される。光ファイバ14は、酸化ゲルマニウムを含むと共に所定の屈折率を有するコア部と、このコア部の周囲に設けられコア部よりも小さい屈折率を有するクラッド部を有する。このような光ファイバのコア部は、紫外線に対して感光性を有し、コア部は、周期的な屈折率の変化が設けられ、この部分は回折格子として機能する。回折格子14cは、所定の波長帯において光を反射する反射スペクトルを有し、後述の半導体光増幅器16と光学的に結合して光共振器を構成する。本実施の形態では、光学部品として、グレーティングファイバ(コア部に回折格子を有する光ファイバ、以下、単に光ファイバともいう)を例示して本発明を説明するが、より一般には、光導波路に設けられた回折格子を有する光学部品に適用することができる。

【0035】光ファイバ14の一方の端部14aは、光共振器長を短くするために、レンズ化端部を有する。レンズ化端部においては、集光機能を持つように端部の外形が形成され、先球加工された端部とも呼ばれる。その他端14bは、光アイソレータ42に対面し、この端部は、光ファイバ14を端面研磨することによって形成されるので、研磨面とも呼ばれる。

【0036】パッケージ12の筒状部12bは、本体部12aに通じる貫通孔を有する。この貫通孔を、半導体光増幅器16から光を導く光ファイバ14が通過する。筒状部12bの先端部分には、光アイソレータ42が位置する。

【0037】光ファイバ14は、位置合わせ機構部28といった支持部材によって支持されている。光ファイバ14の一端部14aは、半導体光増幅器16に光学的に結合するように位置合わせ機構部28によって位置合わせされている。また、光ファイバ14の他端14bは、光アイソレータ42に対面するように位置合わせされ、位置合わせ機構部28に保持されている。このため、光ファイバ14の他端14bは、光アイソレータ42と光学的に結合される。このような配置によって、半導体光

増幅器16において発生された光は、光アイソレータに導かれる。

【0038】パッケージ12の筒状部12bの先端部分からは、光ファイバ48が導入される。光ファイバ48は、フェルール44によって先端部分が覆われ保護されている。光アイソレータ42は、スリーブ46を保持している。フェルール44がスリーブ46に挿入されると、光ファイバ48はパッケージ12に対して光学的に位置決めされる。光ファイバ48の端部48aは、光ファイバ48を端面研磨することによって形成され、このため研磨面とも呼ばれる。光ファイバ48の端部48aは、光アイソレータ42に対面するように位置合わせされるので、光アイソレータ42と光学的に結合される。

【0039】このような配置によって、光ファイバ48が、光アイソレータ42およびファイバグレーティング14を介して半導体光増幅器16に光学的に結合される。この結果、光学的な軸2に合わせて、半導体光学素子16、18、ファイバグレーティング14、光アイソレータ42、光ファイバ48が所定の精度で配置される。

【0040】また、半導体光増幅器16において発生され光アイソレータ42を通過した光は、光ファイバ48に導かれる。つまり、光アイソレータ42は、光ファイバ14と光ファイバ48との間に配置され、光ファイバ14からの光を透過させると共に、光ファイバ48からの光を所定の減衰度で遮断する。これによって、グレーティングファイバ14に到達する外部攪乱光の量が低減される。

【0041】結局、図1および図2に示されたモジュールでは、半導体光増幅器16の光放出面16aにグレーティングファイバ14が光結合され、半導体光増幅器16の光反射面16bにおいて光が反射される。この形態では、半導体光増幅器16の光反射面16bの光反射率は比較的大きめに設定され、半導体光増幅器16の光放出面16aの光反射率は十分に小さく設定される。発生された光はグレーティングファイバ14から取り出されることができる。

【0042】これと異なる光モジュールの形態がある。この形態では、半導体光増幅器の光放出面にグレーティングファイバが結合され、半導体光増幅器の光反射面から光が取り出される。この形態では、半導体光増幅器の光反射面の光反射率は比較的に小さく設定され、半導体光増幅器の光反射面の光反射率は通常に半導体レーザと同程度の光反射率に設定される。発生された光は、半導体光増幅器の光反射面から取り出すことができる。光反射面に対面する光取り出し用光ファイバの端部と、半導体光増幅器の光反射面との間に光アイソレータを挿入することができる。

【0043】図3(a)および図3(b)は、ファイバ型光アイソレータといった光アイソレータの一実施の形態を

模式的に示した図面である。光アイソレータ42は、所定の軸に沿って整列された第1の複屈折デバイス42a、第2の複屈折デバイス42b、並びにファラデー回転子42cを有する。第1および第2の複屈折デバイス42a、42bは、ルチルおよびくさび型複屈折板といった複屈折材料を含む複屈折部材(複屈折光学素子)である。第1の複屈折デバイス42aは、グレーティングファイバ14の一端14bと光学的に結合するように対面している。第2の複屈折デバイス42bは、光ファイバ48の一端48aと光学的に結合するように対面している。ファラデー回転子42cは、例えばBi-YIG結晶を含む。ファラデー回転子42cは、第1および第2の複屈折デバイス42a、42bの間に配置されている。

【0044】グレーティングファイバ14からの光は、レンズ42dといったレンズ手段を介して第1の複屈折デバイス42aに導かれる。第2の複屈折デバイス42bからの光は、レンズ42eといったレンズ手段を介して光ファイバ48に導かれる。

【0045】このような構造の光アイソレータは、例えば、1.55 μ m帯の光に対して挿入損失2dB以下でアイソレーション40dBという特性を有する。更なるアイソレーションが必要な場合は、複数の光アイソレータを直列して接続することができる。

【0046】図3(a)および図3(b)において、順方向および逆方向に進む光の経路について説明する。グレーティングファイバ14の一端14bから出射された光は、レンズ42dでほぼ平行な光になる。この光は第1の複屈折デバイス42aにおいて正常光(実線)と異常光(破線)とに分離された後に、ファラデー回転子42cを通過する。通過した光は、第2に複屈折デバイス42bを再び通過した後にレンズ42eに入射すると、光ファイバ48の一端48aに集光される。一方、光ファイバ48からの光は、レンズ42eでほぼ平行な光になる。この光は第2の複屈折デバイス42bにおいて正常光(実線)と異常光(破線)とに分離された後に、ファラデー回転子42cを通過する。通過した光は、第1に複屈折デバイス42aを再び通過した後にレンズ42dに入射すると、グレーティングファイバ14の一端14bと異なる位置に集光される。このように光アイソレータ42では、一方のポートからの光(順方向の光)と他方のポートからの光(逆方向の光)との経路が異なるので、一方向に進む光は光アイソレータ42を通過するけれども、他方向からの光は光アイソレータ42を通過することができない。

【0047】発光デバイスへの戻り光に関して更に詳細な検討を行うべくなされた実験について説明する。図4は、この実験の際の光学的な結合の状態を示した図面である。

【0048】図4を参照すると、実験に使用されるファ

イバグレーティングレーザといった試験デバイスが、ハウジング12に収納されている。ハウジング12内には、回折格子14cがコア部に形成されたグレーティングファイバ14と、このグレーティングファイバ14の一端14aと光学的に結合された半導体光増幅器16、および半導体光増幅器16の発光状態を監視するフォトダイオード18が配置されている。発光デバイスおよび試験デバイスを例示的に示せば、発光デバイスが図1に示された構造を備えるとき、試験デバイスは図9に示される構造を備えることができる。

【0049】グレーティングファイバ14は、光カプラ63の第1のポート63aに接続されている。第2のポート63bは、光ファイバ68aを介して光アイソレータ64の入力64aに接続されている。光アイソレータ64の出力64bには、ビットエラー率(BER)測定器65が光ファイバ68bを介して接続されている。また、光カプラ63の第3のポート63cには、光ファイバ68cを介して可変アッテネータ66の入力66aに接続され、その出力は光ファイバ68dを介して、1.55 μ mにおいて受けた光をほぼ全反射する全反射ミラー67に結合されている。光カプラ63の第4のポートは、無反射処理が施されている。例えば、光アイソレータ64は、60dB程度のアイソレーションを有する。

【0050】ここで、ビットエラー率BERは、 $E(t)/N(t)$ で規定される。 $E(t)$ は時間tの間にエラーで受信されたビット数を示し、 $N(t)$ は時間tの間に伝送された全ビット数を示している。

【0051】実験系においては、グレーティングファイバ14と半導体光増幅器16との光結合は、-2.8dBである。半導体光増幅器16の光送出面の反射率は1.55 μ m帯において0.1%以下であり、光反射面の反射率は1.55 μ m帯において80%である。

【0052】図4の実験系によれば、半導体光増幅器16において発生され光放出面16aから放出された光Aは、回折格子14cにおいて一部は反射され反射光Cとなると共に、残りは透過光Eとなる。モニタ光Bは、半導体光増幅器16の光反射面16bから放出されてフォトダイオードに入射される。

【0053】このような実験系を用いた実験において、発明者は、アイソレーションとビットエラー率との関連を見出した。反射戻り光量を変化させると、この戻り量に応じてビットエラー率が変化したのである。つまり、上記の実験系においては、可変アッテネータ66の減衰量を変化させると、ファイバグレーティングレーザへの戻り光量が変わる。故に、可変アッテネータ66の減衰量を変えながら、ビットエラー率を測定器65で測定すれば、光アイソレーションを変更したと等価になる。

【0054】発明者は、実験結果を解析するために更に検討を行った。実際に、ビットエラー率に影響を与える

戻り光は、半導体光増幅器16にまで達する光Dであることに気づいた。ファイバグレーティングレーザは光量 P_0 を発光する。グレーティングファイバ14の回折格子14aに戻る光量 P_r と、半導体光増幅器16にまで戻る光量 P_c との関係は、

$$P_c = P_r \times \eta \times (1 - R_{\kappa})$$

と表される。ここで、 η は半導体光増幅器16とグレーティングファイバ14との結合効率を示し、 $1 - R_{\kappa}$ は回折格子14cでの透過率を示す。本実験系では、 $\eta = -2.8 \text{ dB}$ 、 $R_{\kappa} = 70\%$ であるので、 $\eta \times (1 - R_{\kappa}) = -8 \text{ dB} \approx 1/6.3$ となる。故に、

$$P_c \approx P_r / 6.3$$

となる。

【0055】図5は、この実験系において、反射光の戻り光の割合を変化させたときのビットエラー率を測定した特性図である。測定は、伝送速度 2.5 Gbit/s 、測定パターンNZR、PRBS $10^{23} - 1$ で行われた。横軸には、 P_r/P_0 をdB単位で示している。図5には、戻り光量を低減すれば、ビットエラー率も低下することが示されている。

【0056】発明者は、図5に示された特性に基づいて、

$$P_c/P_0 = \eta \times (1 - R_{\kappa}) \times P_r/P_0$$

$$\log(P_c/P_0) = \log(\eta \times (1 - R_{\kappa})) + \log(P_r/P_0)$$

となる。本実験に使用されたファイバグレーティングレーザの諸定数を代入すると、

$$\log(P_c/P_0) = -8 \text{ dB} + \log(P_r/P_0)$$

が得られることを見出した。この関係式によって、図5の横軸を半導体光増幅器16への戻り光量 P_c に読み替えることができる。故に、半導体光増幅器16への戻り光量 P_c とビットエラー率(BER)との関係が得られる。

また、発明者は、想定しているシステムにおけるシステム戻り光量(最大反射量)が $10 \times \log(P_r/P_0) = -25 \text{ dB}$ 程度である、と考えている。したがって、この戻り光量と、達成されるべきビットエラー率に対応する戻り光量との差が、必要なアイソレーションとなる。「必要なアイソレーション」は、光アイソレータ、 η 、および R_{κ} によって達成されるべき値である。このため、光アイソレータの値を決定するためには、 η および R_{κ} から寄与を除外しなければならない。このようにして求めた結果を図6に示す。図6では、光アイソレータが達成すべきアイソレーションと、ビットエラー率との関係を示す特性図である。最小自乗法を用いて図6における黒丸を一次式に当てはめると、

$$I = -58.6 - 8.7 \times \log(\text{BER})$$

が得られる。故に、アイソレーションは、達成されるべきビットエラー率 10^{-10} 、 10^{-12} 以上の範囲において、この関係式に従って設定されることが好ましい。

【0057】次いで、実験において採用したファイバ

レーティングレーザに限られることなく、一般的に適用可能な関係を導く手順を発明者は考えついた。一般には、 η および $(1 - R_{\kappa})$ は様々な値を取り得る。

【0058】

$$P_c/P_0 = \eta \times (1 - R_{\kappa}) \times P_r/P_0$$

において、ファイバグレーティングレーザの諸定数が $-0.5 \text{ dB} \leq \eta \leq 10 \text{ dB}$

$$1\% \leq R_{\kappa} \leq 90\%$$

の範囲で変化すると、アイソレーションに関して、

(a)最も有利な条件： $\eta = 10 \text{ dB}$ 、 $R_{\kappa} = 90\%$

(b)最も不利な条件： $\eta = -0.5 \text{ dB}$ 、 $R_{\kappa} = 1\%$

であると考えられる。これらの特性は図6に示されている。これらの特性についても一次式に当てはめると、

$$(a) \quad I = -63.4 - 7.9 \times \log(\text{BER})$$

$$(b) \quad I = -52.4 - 8.7 \times \log(\text{BER})$$

が得られる。図6においては、それぞれの直線の右上側の領域において、所定のビットエラー率が達成されている。

【0059】これらの式から次の内容が理解される。条件(a)のファイバグレーティングレーザでは、実験に使用されたレーザに比べて、 η が 7.5 dB 程度悪いので、この分に相当してアイソレーションを小さくできる。条件(b)のファイバグレーティングレーザでは、実験に使用されたレーザに比べて、 η が 12 dB 程度良いので、この分に相当した大きなアイソレーションが必要である。

【0060】ここでは、一般的な諸特性値を有するファイバグレーティングレーザといった外部共振器型発光デバイスのアイソレーションの決定方法が示された。この方法を採用すれば、ここで採用された数字と異なる数字を用いて、ここで示された見積りと同様な計算を行うことができる。また、各部品の温度特性までも考慮に入れてアイソレーション値を決定できる。更に、伝送レートを変更したときのアイソレーション値もまた求めることができる。加えて、 η および R_{κ} の少なくとも一方のばらつきを考慮したアイソレーション値を見積もることもできる。

【0061】図7は、第2の実施の形態に係わる発光デバイスの模式図である。図1および図2の同一の部分には、同一の符号を付している。図7を参照すると、ファイバグレーティングレーザ11を含む発光デバイス1Bが図示されている。発光デバイス1Bに含まれるファイバグレーティングレーザ11では、光アイソレータ42が光アイソレータ40に置き換えられている点を除いて、図1および図2に示されたファイバグレーティングレーザ1Aと同じである。光アイソレータ40は、ハウジング12に取り付けられることもでき、またハウジング12とは別個に配置されることができる。つまり、光アイソレータ40は、グレーティングファイバ14と、光導波路50との間に設けられている。

【0062】ファイバグレーティングレーザ1Bは、半導体光増幅器16、グレーティングファイバ14、および光アイソレータ40を含む。ファイバグレーティング14は、中心波長 λ_0 の反射スペクトルを有する回折格子14cを有する。半導体光増幅器16の光放出面16aは、グレーティングファイバ14の一端14aと光学的に結合している。グレーティングファイバ14の他端14bは、ファイバ型アイソレータといった光アイソレータ40の入力に光学的に結合されている。光アイソレータ40の出力は、光ファイバといった光導波路50に光学的に結合されている。半導体光増幅器16およびグレーティングファイバ14と一端部は、ハウジング12内に収納されている。半導体光増幅器16の光反射面16bは、モニタ用フォトダイオード(図1の18)の受光面と光学的に結合されることができる。半導体光増幅器16は、外部からの信号51によって変調される。変調された信号は、光アイソレータ40を介して光導波路50に送出される。一方、光伝送路50からの戻り光は、光アイソレータ40によって所定の値未満にまで遮断されている。この結果、実用的な環境においても、 10^{-10} 程度以下のビットエラー率を達成される。

【0063】図8は、第3の実施の形態に係わる発光デバイスの模式図である。図1および図2の同一の部分には、同一の符号を付している。図8を参照すると、WDM用発光デバイス1Cが図示されている。発光デバイス1Cは、複数のファイバグレーティングレーザ11a、11b、11cと、光アイソレータ41と、光合波手段52を有する。

【0064】複数のファイバグレーティングレーザ11a、11b、11cの各々は、図9に示されるような構造を備えることができる。図9においては、図1および図2と同一の部分には、同一の符号を付している。また、ファイバグレーティングレーザ11aは発振波長 λ_1 の光を発生し、ファイバグレーティングレーザ11bは発振波長 λ_2 の光を発生し、ファイバグレーティングレーザ11cは発振波長 λ_3 の光を発生する。ファイバグレーティングレーザ11a、11b、11cの出力は、光合波手段52の入力ポート52a、52b、52cに結合されている。光合波手段52は、これらの入力ポートに与えられた光を合波し単一の出力ポート52dに提供することができる。光合波手段52は、光カプラまたはAWG(Arrayed Waveguide Grating)といった光合波器52であることができる。光合波手段52の出力ポート52dには、光導波路54を介して光アイソレータ41の入力に結合されている。光アイソレータ41の出力は、光ファイバといった光導波路50に結合されている。

【0065】光導波路50には、波長成分(λ_1 、 λ_2 、 \dots λ_n)を含むWDM信号が与えられる。ファイバグレーティングレーザ11a、11b、11cに含まれる半

導体光増幅器16は、それぞれ、外部からの信号51a、51b、51cによって変調される。変調された信号は、それぞれ、光合波手段52によって合波され単一の光アイソレータ41を介して光伝送路50に送出される。一方、光伝送路50からの戻り光は、光アイソレータ40によって所定の値未満にまで遮断されている。このため、ファイバグレーティングレーザ11a、11b、11cに含まれる半導体光増幅器16に対する戻り光は、所定値に未満に抑えられている。この結果、実用的な環境において、 10^{-10} 程度以下のビットエラー率を達成される。

【0066】図10は、WDM光通信システム9を示す図面である。光通信システム9は、光受信器3、光送信器4、並びに光送信器4および光受信器3を結合する光伝送路8を備える。

【0067】光受信器3は、光入力ポート3a、電気出力端子3b、複数の受光素子3c、および光分波手段3dを有する。光分波手段3dは、入力ポートに受けた光を複数の波長成分毎に空間的に分けることができる。光入力ポート3aからのWDM光信号は、例えばAWGといった光分波器3dによって、空間的に異なる位置に波長成分毎に分けられる。各信号が伝送される各波長成分毎に、異なる受光素子3dに入力され、電気信号7に変換される。電気信号7は、出力ポート3bから送出される。

【0068】光送信器4には、例えば図8に示された発光デバイス1Cを採用することができる。光送信器4では、出力ポート4aは光伝送路8に接続されている。光送信器4は、送信されるべき変調信号51を入力端子4bに受けて、この信号51で変調されたWDM光信号を出力ポート4aから提供する。

【0069】光伝送路8は、光増幅器6a、6b、並びに光導波路50a、50b、50c、50dを備える。光導波路50a、50b、50c、50dは、それぞれ、光増幅器6a、6bの間を接続し、光増幅器6aと光送信器4とを接続し、光増幅器6bと光受信器3との間を接続する。

【0070】このようなWDM光通信システムでは、光送信器4の出力と、半導体光増幅器との間に所定の減衰度の光アイソレータが挿入されているので、伝送特性の要求に適合したビットエラー率のデータ伝送が実現される。本実施の形態では、光送信器4として第3の実施の形態に係わる装置を採用したが、第1および第2に実施の形態に係わる装置を採用することもでき、同様な作用および効果が得られる。

【0071】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明に係わる発光デバイスによれば、光発生部と、当該発光デバイスの出力と、光アイソレータと、を備える。光アイソレータは、光発生部と出力との間に配置されている。こ

のような発光デバイスにおいて、光アイソレータのアイソレーションは、 $1.55\mu\text{m}$ 帯において伝送速度2.5Gbpsで達成されるべきビットエラー率BERに関してdB単位において $-52.4-8.7\times\log(\text{BER})$ 以上に規定されている。

【0072】外部共振器型の発光デバイスが所定のビットエラー率を達成することを可能にするアイソレーション値を決定する方法によれば、所定のビットエラー率を達成できる戻り光量と、システム戻り光量とからアイソレーション値を決定する。このため、発光デバイスが備えるべき光アイソレータの最低アイソレーション値が得られる。

【0073】したがって、所定のビットエラー率を越える特性を達成できる発光デバイス、信号光を発生する方法、光通信システム並びにアイソレーション値を決定する方法が提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、第1の実施の形態に係わるファイバグレーティングレーザの斜視図を示す。

【図2】図2は、図1のI-I断面における図面を示す。

【図3】図3(a)および図3(b)は、光アイソレータの構造を示す図面である。

【図4】図4は、ビットエラー率を測定した光学系を表した実験システムを示す図面である。

【図5】図5は、反射戻り光とビットエラー率との関係を示す特性図である。

【図6】図6は、アイソレーションと、ビットエラー率*

*との関係を示す特性図である。

【図7】図7は、第2の実施の形態に係わる発光デバイスの模式図である。

【図8】図8は、第3の実施の形態に係わる発光デバイスの模式図である。

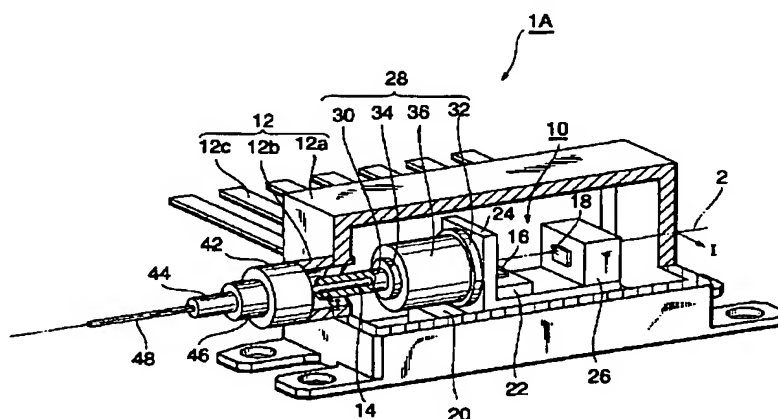
【図9】図9は、ファイバグレーティングレーザを示す斜視図である。

【図10】図10は、WDM光通信システムの模式図である。

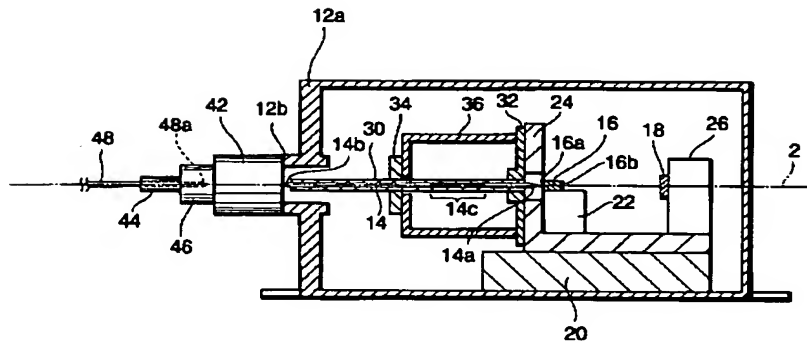
【符号の説明】

1A…レーザモジュール、1B、1C…発光デバイス、3…光受信器、4…光送信器、6a、6b…光増幅器、7…電気信号、8…光伝送路、9…WDM光通信システム、10…レーザモジュール主要部、11、11a、11b、11c…ファイバグレーティングレーザ、12…ハウジング、14…グレーティングファイバ、16、18…半導体光学素子、20…熱電子冷却器（サーモエレクトリッククーラ）、22、24、26…搭載部材、28…位置合わせ機構部、40、41、42…光アイソレータ、42a…第1の複屈折デバイス、42b…第2の複屈折デバイス、42c…ファラデー回転子、42d、42e…レンズ、44…フェルール、48…光ファイバ、50…光導波路、51a、51b、51c…外部からの信号、52…光合波手段、54…光導波路、63…光カプラ、64…光アイソレータ、65…ビットエラー率(BER)測定器、68a～68d…光ファイバ、

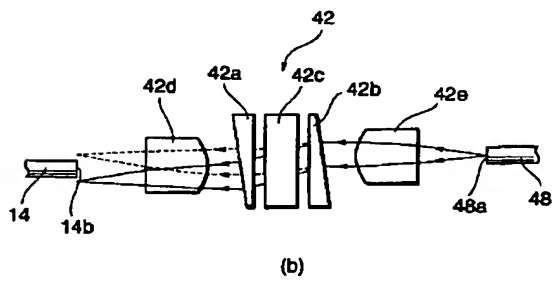
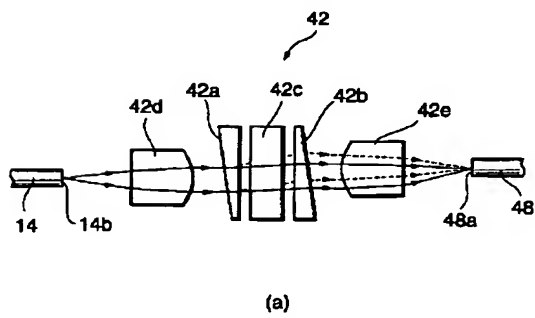
【図1】



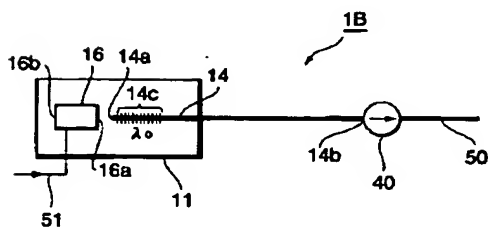
【図2】



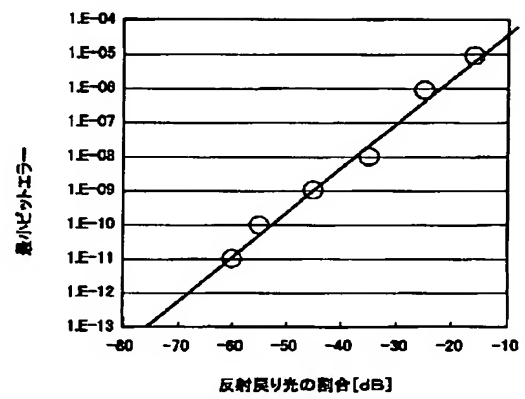
【図3】



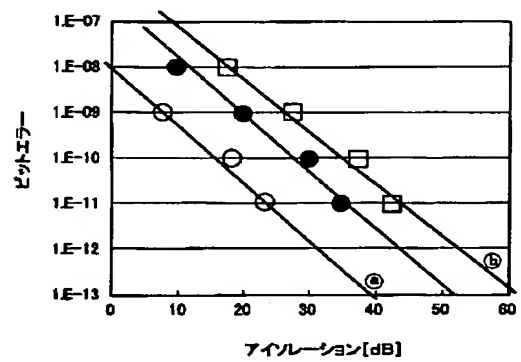
【図7】



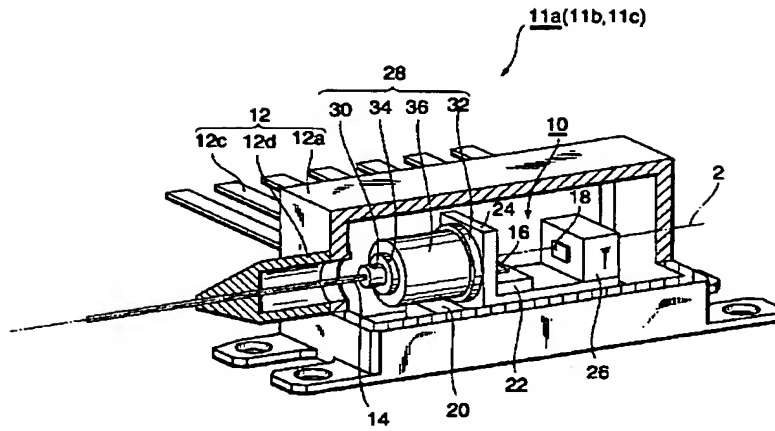
【図5】



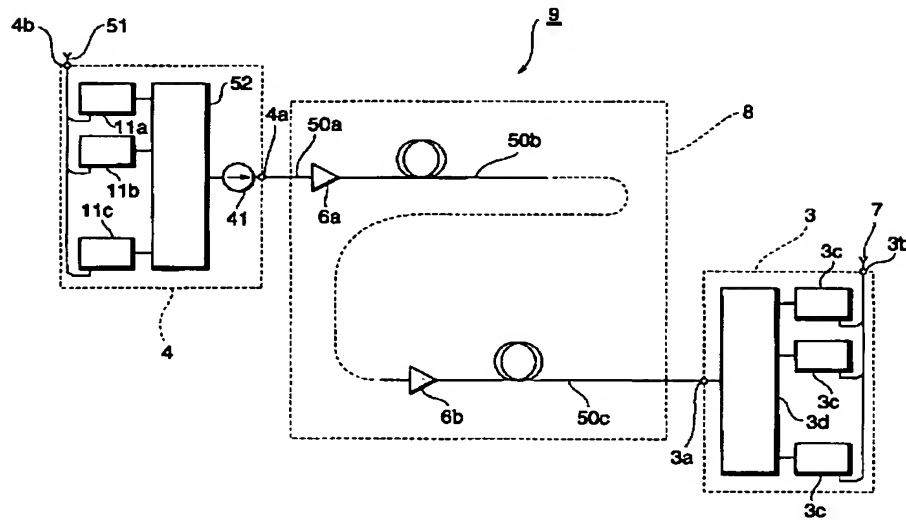
【図6】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷

H04B 10/18
10/14
10/135
10/13
10/12

識別記号

F I
H04B 9/00

ターマコード (参考)

Q

Fターム(参考) 2H037 AA01 BA04 CA02 CA33
2H099 AA01 BA02 CA05
5F073 AA62 AA74 AA83 AB21 AB25
AB28 AB30 CA12 FA06 FA15
FA25
5K002 AA01 AA03 AA07 BA02 BA05
BA13 BA21 CA02 CA13 DA02
DA04 EA05 FA01 GA07